

D1

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
 INSTITUT NATIONAL
 DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
 PARIS

(11) N° de publication :
 (à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

2 691 014

(21) N° d'enregistrement national :

85 15109

(51) Int Cl⁵ : H 01 Q 13/00, 21/00

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 11.10.85.

(71) Demandeur(s) : THOMSON-CSF (Société Anonyme)
 — FR.

(30) Priorité :

(72) Inventeur(s) : Gehin Claude.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 12.11.93 Bulletin 93/45.

(73) Titulaire(s) :

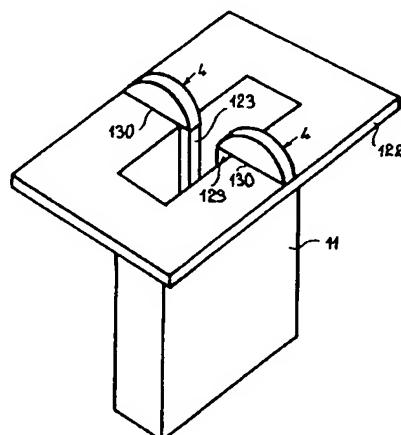
(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche : Le rapport de recherche n'a pas été établi à la date de publication de la demande.

(74) Mandataire : Hurvic Aleksander.

(54) Antenne, réseau d'antennes et dispositif de contre-mesures électroniques comportant une telle antenne ou un tel réseau d'antennes.

(57) L'invention a principalement pour objet une antenne, un réseau d'antennes et un dispositif de contre-mesures électroniques comportant une telle antenne ou un tel réseau d'antennes.

L'invention concerne une antenne comportant deux branches (4), dont les contours internes (8) et externes (7) sont des spirales logarithmiques, lesdites branches étant alimentées en opposition de phase. Une telle antenne présente un diagramme de rayonnement symétrique, une large bande passante et un faible encombrement. Le couplage entre deux antennes adjacentes est faible. L'antenne selon l'invention est particulièrement bien adaptée pour constituer les sources élémentaires d'un réseau.
 Application aux contre-mesures électroniques.



FR 2 691 014 - A1



ANTENNE, RESEAU D'ANTENNES ET DISPOSITIF
DE CONTRE-MESURES ELECTRONIQUES COMPORTANT
UNE TELLE ANTENNE OU UN TEL RESEAU D'ANTENNES

La présente invention concerne principalement une antenne,
5 un réseau d'antennes et un dispositif de contre-mesures électro-
niques comportant une telle antenne ou un tel réseau d'antennes.

La mise en oeuvre des contre-mesures électroniques efficaces
exige l'utilisation d'antennes pouvant émettre des puissances impor-
tantes et ce pour une large bande de fréquence. Pour un dispositif de
10 contre-mesures électroniques il est essentiel de pouvoir s'adapter
pour l'émission à la fréquence émise par, par exemple, un radar à
brouiller. D'autre part, il est important pour une telle antenne de
permettre l'écoute de la partie la plus large possible du spectre
électromagnétique afin de pouvoir détecter toutes les émissions
ennemis.
15

L'article Airborne Spiral Antennas Minimize Drag écrit par
P.J. Klass et publié dans Aviation Week du 14 juillet 1958 décrit une
antenne cimenterre. Les contours interne et externe d'une telle
antenne plane sont des spirales logarithmiques. L'antenne décrite
20 présente une grande stabilité de l'impédance en fonction de la
fréquence, un rendement élevé, une bonne tenue à des niveaux de
puissance importants.
25

Toutefois, l'antenne de type connu présente de graves incon-
vénients. Le diagramme de rayonnement dans le plan E contenant le
vecteur \vec{E} champ électrique sera aplati et présente des trous
profonds au voisinage de la direction normale au plan de masse. Le
diagramme de rayonnement dans le plan H contenant le vecteur
champ magnétique \vec{H} est symétrique et présente des composantes de
polarisation croisée importantes en raison de la répartition géomé-
trique de courant dans le cimenterre.
30

L'antenne objet de la présente invention comporte, reliées à un
plan de masse deux branches de cimenterre alimentées en opposition
de phase. Ainsi une telle antenne ne présente plus de trou sur son

axe de symétrie, perpendiculairement au plan de masse dans le plan E contenant le vecteur champ électrique \vec{E} . Les composantes de polarisation croisée dans le plan H contenant le vecteur \vec{H} champ magnétique sont éliminées, les contributions des composantes transversales de deux cimenterres s'annulant deux à deux.

L'invention a principalement pour objet une antenne, étant caractérisée par le fait qu'elle comporte deux branches dont les contours externes et internes sont des spirales logarithmiques reliées à un plan de masse, les deux branches étant alimentées en opposition de phase.

L'invention a aussi pour objet une antenne, étant caractérisée par le fait qu'elle comporte deux branches dont les bases sont des droites et dont les contours externes sont des spirales logarithmiques reliées à un plan de masse, les deux branches étant alimentées en opposition de phase.

L'invention a aussi pour objet des réseaux d'antennes comportant deux branches de cimenterre alimentées en opposition de phase.

L'invention a aussi pour objet un dispositif de contre-mesures électroniques comportant des antennes ou des réseaux d'antennes selon l'invention.

L'invention sera mieux comprise au moyen de la description ci-après et des figures annexées données comme des exemples non limitatifs parmi lesquels :

- la figure 1, est une vue en coupe d'une antenne cimeterre de type connu ;
- la figure 2, est un schéma illustrant le principe du dispositif selon l'invention ;
- la figure 3, est un schéma illustrant une première variante de réalisation du dispositif selon l'invention ;
- la figure 4, est un schéma électrique ;
- la figure 5, est une illustration d'une troisième variante de réalisation du dispositif selon l'invention ;
- la figure 6, est une illustration d'une variante de réalisation du

dispositif de la figure 5 ;

- la figure 7, est une vue de côté d'un exemple de réalisation d'une troisième variante du dispositif selon l'invention ;
- la figure 8, est une vue de côté d'un exemple de réalisation d'une troisième variante du dispositif selon l'invention ;
- 5 - la figure 9, est une vue de côté d'un exemple de réalisation d'une troisième variante du dispositif selon l'invention ;
- la figure 10, est une vue en perspective d'un réseau d'antennes selon l'invention ;
- 10 - la figure 11, est le schéma d'une première variante de réalisation d'un dispositif de contre mesures électroniques selon l'invention ;
- la figure 12, est le schéma d'une seconde variante de réalisation d'un dispositif de contre mesures électroniques selon l'invention.

15 Sur les figures 1 à 12 on a utilisé les mêmes références pour désigner les mêmes éléments.

Sur la figure 1, on peut voir une antenne cimenterre 4 de type connu. L'antenne 4, comporte deux contours, un interne 8 et un externe 7 dont l'équation est celle d'une spirale logarithmique :

$$r = r_0 \exp(a.\theta)$$

20 où r_0 et a sont des coefficients, r est le rayon par rapport au centre 6 des spirales, et θ est l'angle par rapport à la normale à une arête 9 du plan de masse 5.

25 Les contours 7 et 8 rejoignent l'arête 9 du plan de masse 5. Deux autres extrémités des contours 7 et 8 se rejoignent au niveau de l'alimentation assurée par exemple par un câble coaxial 1. Le cimenterre 4 et le plan de masse 5 sont par exemple réalisés avec des plaques de cuivre. Le cimenterre 4 est relié à l'âme 3 du câble coaxial 1. Le plan de masse 5 est relié au conducteur externe 2 du câble coaxial 1 isolé par un diélectrique 10 par rapport à l'âme 3 dudit câble.

30 Sur la figure 2, on peut voir le principe du dispositif selon l'invention. L'antenne de la figure 2 comporte deux branches 4 de

cimenterre alimentées en opposition de phase par un dispositif d'alimentation 71.

Sur la figure 2 on a représenté dans chacune des branches 4 un exemple de ligne de courant 12. Les courants circulant dans les branches 4 vont engendrer des ondes électromagnétiques polarisées linéairement. Les vecteurs 266, 273, 276, 277, 278, 281, 284 et 285 représentent des composantes de courants élémentaires répartis sur la branche 4. Chaque courant élémentaire peut être décomposé en la somme d'une composante verticale et d'une composante horizontale.

Ainsi, le vecteur 266 a pour composante horizontale le vecteur 268 et pour composante verticale le vecteur 267.

Le vecteur 273 a pour composante horizontale le vecteur 275 et pour composante verticale le vecteur 274. Le vecteur 278 a pour composante horizontale le vecteur 280 et pour composante verticale le vecteur 279. Le vecteur 281 a pour composante horizontale le vecteur 283 et pour composante verticale le vecteur 282. Les vecteurs 276 et 277 n'ont pas de composante verticale. Les vecteurs 284 et 285 n'ont pas de composante horizontale.

L'antenne selon l'invention émet un rayonnement d'axe 74. Les ondes émises sont polarisées linéairement, la polarisation étant parallèle au plan des deux branches 4 (plan de la figure 2). Les contributions 266 - 273 - 276 - 284, et 285 - 277 - 278 - 281 des deux branches 4 se combinent et participent à la formation du diagramme plan E (plan de la figure 2) symétrique par rapport à l'axe 74.

Le diagramme plan H (plan perpendiculaire au plan de la figure 2) est formé par les contributions 268 et 283, 275 et 280, 276 et 277 des deux branches 4. Les contributions 267 et 282, 274 et 279, 284 et 285 qui participeraient à la formation de composantes de polarisation croisée (parallèles au plan H) s'annulent deux à deux. Ainsi sur la figure 2, la composante verticale 267 du vecteur 266 s'annule en s'ajoutant à la composante verticale 282 du vecteur 281.

De même, la composante verticale 274 du vecteur 273 s'annule en s'ajoutant à la composante verticale 279 du vecteur 278.

La somme des vecteurs 284 et 285 de même amplitude et de

sens opposés est nulle.

Dans le dispositif selon l'invention on minimise "d" la distance entre les pointes d'alimentation 72 et 73. Ainsi la distance "D" séparant les centres de phase apparents de chaque boucle de courant 12 varie approximativement comme la longueur d'onde de fonctionnement. Ainsi le diagramme de rayonnement dans le plan E contenant le vecteur \vec{E} champ électrique, plan des lignes de courant 12 est sensiblement indépendant de la fréquence. L'axe de symétrie 74 des deux branches 4 est l'axe correspondant à l'axe de rayonnement principal. La symétrie des structures, les branches 4 étant alimentées en opposition de phase génère un rayonnement qui dans le plan E contenant le vecteur \vec{E} champ électrique est centré sur l'axe 74 et ne présente plus du tout de trou dans son diagramme de rayonnement.

Sur la figure 3, on peut voir un premier exemple de réalisation de l'antenne selon l'invention.

Les deux branches 4 sont alimentées à partir de deux câbles coaxiaux 111 et 112 reliés à la sortie d'un symétriseur 110 (appelé balun en terminologie anglo-saxonne). Le plan de masse 5 est relié au blindage 2 des câbles 111 et 112. Le symétriseur 110 est alimenté par un câble coaxial 1.

Sur la figure 4, on peut voir un schéma électrique d'un transformateur symétriseur. Le transformateur symétriseur 110 comporte un enroulement primaire 117 et un enroulement secondaire 118 couplés par mutuelle inductance. Ces extrémités de l'enroulement primaire 117 sont reliées d'une part à un point chaud 113 connecté à un câble coaxial 1 et d'autre part à la masse 116.

Les extrémités de l'enroulement secondaire 118 sont reliées à deux points chauds 114 et 115 en opposition de phase. Les points chauds 114 et 115 sont reliés aux câbles coaxiaux 111 et 112. Le point milieu de l'enroulement secondaire 118 est relié à la masse 116. Le schéma de la figure 4 est donné à titre d'exemple non

limitatif, d'autres réalisations du symétriseur 110 peuvent être mises en oeuvre dans l'antenne selon l'invention.

L'exemple de réalisation du dispositif selon l'invention illustré par les figures 5 et 6 est alimenté par un guide d'onde 11.

5 Avantageusement, le guide d'onde 11 utilisé est un guide d'onde large bande comportant deux redans 123.

10 Avantageusement, les branches 4 sont disposées aux extrémités des redans 123.

Les branches 4 sont par exemple des plaques métalliques épaisse. Les contours internes 7 sont réalisés par une découpe 13 des plaques métalliques constituant les branches 4.

15 Un guide d'onde 11 rectangulaire propageant une onde en mode fondamental TE_{10} possède deux faces opposées 125 et 126 propageant des courants en opposition de phase. Ainsi, au niveau de toute coupe transversale 124, à tout moment, les courants électriques des faces 125 et 126 représentés respectivement par les flèches 127 et 128 sont de sens opposés. Les branches 4 disposées à l'extrémité 122 du guide 11 sur les faces 125 et 126 sont alimentées en opposition de phase du seul fait des propriétés des guides d'onde 11 rectangulaires propageant une onde en mode TE_{10} .

20 Avantageusement les deux extrémités de chaque branche 4 sont reliées à une extrémité 122 plane du guide d'onde 11. L'extrémité 122 du guide d'onde 11 constitue le plan de masse des branches 4.

25 Avantageusement, une variante de réalisation du dispositif selon l'invention, illustrée sur la figure 6, ne comporte pas de découpe 13. Le bord 130 des branches 4 est plan. Ainsi seul le contour externe 8 des branches 4 suit l'équation d'une spirale logarithmique. De telles branches 4 sont plus faciles à usiner.

30 Avantageusement, les branches 4 sont des plaques métalliques de même épaisseur que les redans 123.

La réalisation de l'antenne selon l'invention alimentée par un guide d'onde 11 est particulièrement bien adaptée pour rayonner des puissances importantes.

Avantageusement pour une association en réseau, on utilise des guides d'onde 11 présentant un faible encombrement latéral notamment sur la droite reliant des antennes selon l'invention.

Sur la figure 7, on peut voir un premier exemple de la troisième variante de réalisation du dispositif selon l'invention. L'alimentation de l'antenne de la figure 6 effectuée par une ligne à fente 17 débouchant entre les deux branches 4. L'antenne 50 de la figure 7 est réalisée par exemple sous forme d'un circuit imprimé.

Cette variante de réalisation de l'antenne selon l'invention, permet une bonne reproductibilité de l'antenne et un abaissement des coûts.

Une métallisation unique permet l'obtention de deux branches 4 et du plan de masse 5, la ligne à fente 17 placée dans l'axe de symétrie 74 n'étant pas métallisée.

La variante de réalisation illustrée sur les figures 7 et 9, ne comporte pas de découpes ou absences de métallisation 13. Les branches 4 ne comportent pas de contour interne 8 et sont directement et sur toute leur longueur reliées au plan de masse 5.

Les découpes ou les absences de métallisation 13 illustrées sur les figures 8 et 10 permettent la formation des branches 4. Les contours 7 des découpes ou d'absence de métallisation 13 ainsi que les contours externes 8 suivent l'équation classique de la spirale logarithmique.

Sur les figures 7 à 9 sont représentés divers exemples d'alimentation de la ligne à fente 17. Les couplages de la ligne à fente à son alimentation sont décrits dans le brevet de la Demandereuse publié en France sous le n° 2 210 021. Il est bien entendu que chaque exemple de réalisation peut comporter ou non des absences de métallisation 13.

Sur la figure 7, on peut voir l'alimentation de la ligne à fente 17 par un câble coaxial 1.

Avantageusement, le câble coaxial 1 est perpendiculaire à

l'axe 74 de la ligne à fente 17. L'âme 3 du câble coaxial 1 est reliée au plan de masse 5, par exemple, par un fil 527. Le blindage 2 du câble coaxial 1 est relié, par exemple, par soudure ou colle conductrice au plan de masse 5. Le couplage câble coaxial 1 /ligne à fente 17 permet un abaissement des coûts mais limite la bande passante.

Sur la figure 9, on peut voir un exemple de réalisation de l'antenne selon l'invention dont l'alimentation de la ligne à fente 17 est assurée par une ligne coplanaire 520. La ligne coplanaire 520 comporte des fentes 523 sensiblement parallèles réunies à leurs extrémités. Les fentes 523 sont séparées par une métallisation 524.

Avantageusement, la métallisation 524 de la ligne coplanaire 520 est reliée à l'âme 3 d'un connecteur coaxial 15 rendu solidaire du circuit imprimé.

Avantageusement, la ligne coplanaire 520 se croise au niveau du couplage 16 avec la ligne à fente 17 à angle droit. Avantageusement, les extrémités de la ligne coplanaire 520 et de la ligne à fente 17 se trouvent à une distance $\lambda/4$ du point de couplage 16 ; λ étant la longueur d'onde moyenne des ondes rayonnées en espace libre par l'antenne selon l'invention, des fils 780 reliés aux deux bords de la ligne coplanaire maintiennent les conditions d'équipotentialité des plans de masse.

Dans l'exemple de réalisation illustré par la figure 8, la ligne à fente 17 est alimentée par une ligne à ruban 14 (microstrip en terminologie anglo-saxonne) placée sur la face opposée du circuit imprimé.

Dans une variante du dispositif selon l'invention, on réalise l'antenne sous forme d'un circuit imprimé double faces, une première face portant les métallisations constituant un ensemble de deux branches 4 et le plan de masse 5, la face opposée portant la ligne à ruban 14 d'alimentation de la ligne à fente 17.

Avantageusement, la ligne à ruban 14 est perpendiculaire à la fente 17 au point de couplage 16.

Dans un exemple de réalisation, la ligne à fente 17 comporte une zone d'élargissement 18 en amont du point de couplage 16 avec la ligne à ruban 14. L'élargissement 18 permet une meilleure adaptation de la ligne à fente 17, à la ligne à ruban 14 et aux branches 4.

5

Dans un exemple de réalisation la ligne à ruban 14 comporte une partie large 19 et une partie plus étroite 20. La ligne à ruban 14 est alimentée par l'intermédiaire d'un connecteur 15, comportant une âme 3 par exemple par un câble coaxial, par un guide d'onde ou 10 un câble coaxial non représentés. Le connecteur 15 est rendu solidaire du circuit imprimé.

10

15

20

25

30

Sur la figure 10, on peut voir un exemple d'association en réseau d'antennes selon l'invention. L'exemple de réseau illustré comporte six antennes analogue à l'antenne illustrée sur la figure 6. Il est bien entendu que l'invention n'est pas limitée aux réseaux comportant six antennes et l'on peut utiliser des assemblages d'un nombre bien plus grand. Le réseau représenté sur la figure 8 est un réseau linéaire. L'invention s'applique aussi pour des réseaux bidimensionnels. De même, le réseau peut être constitué par des antennes analogues aux antennes illustrées sur les figures 3, 4, 5, 6, 7 et 9.

L'association d'antennes en réseau permet d'une part de diviser la puissance unitaire émise par chacune des antennes élémentaires, d'autre part, d'alimenter chaque antenne individuelle avec des phases différentes permettant le balayage électronique.

Les antennes selon l'invention, sont particulièrement bien adaptées à la réalisation de réseau d'antennes alignées dans le plan H contenant le vecteur \vec{H} champ magnétique. Un tel réseau comporte donc des sources large bande, supérieures à deux octaves, polarisées linéairement. Les antennes selon l'invention présentent un très faible encombrement en épaisseur par exemple égal à $0,2 \lambda_{\max}$, λ_{\max} étant la longueur d'onde maximale, en espace libre, pouvant être transmise par l'antenne. De plus, un réseau d'antennes

selon l'invention présente de faibles couplages entre antennes individuelles.

Sur la figure 11, on peut voir un dispositif selon l'invention de contre-mesures électroniques. Un tel dispositif émet des ondes électromagnétiques destinées à perturber le bon fonctionnement des radars adverses. Par exemple, le dispositif de contre-mesures électroniques émet des ondes identiques à celles émises par le radar adverse.

5

10

Le dispositif selon l'invention comporte un oscillateur 260 générant un signal à la même fréquence que celle des ondes à brouiller.

15

Le signal généré par l'oscillateur 260 est amplifié par l'amplificateur de puissance 262. Le signal amplifié est distribué aux sources élémentaires 264 par l'intermédiaire d'un arbre de distribution 265 et des déphasateurs 263. Dans le dispositif de contre-mesures électroniques selon l'invention, les sources élémentaires 264 sont des antennes analogues aux antennes illustrées sur les figures 2 à 9.

20

Sur les figures 11 et 12 seules quatre sources élémentaires ont été représentées. Il est bien entendu qu'un nombre de sources bien plus important peut être employé.

Les déphasateurs 263 permettent, en formant un faisceau, de concentrer l'énergie de brouillage sur le ou les radars à brouiller.

25

Pour l'illumination peu directive on peut utiliser une antenne unique associée à un émetteur unique.

Sur la figure 12, on peut voir un dispositif de contre-mesures électroniques selon l'invention particulièrement performant.

30

Le dispositif illustré sur la figure 12 comporte un amplificateur de puissance 262 associé à chaque source élémentaire 264. Ainsi, il est possible d'employer des amplificateurs 262 dont la puissance unitaire est bien plus faible que celle, nécessaire, à l'amplificateur de puissance 262 de la figure 11.

Avantageusement, les amplificateurs de puissance 262 associés

aux sources élémentaires sont des amplificateurs à l'état solide ne comportant pas de tubes électroniques.

Les amplificateurs de puissance 262 sont placés aussi près que possible des sources élémentaires 264. On évite ainsi les pertes d'énergie dans l'arbre de distribution 265.

Avantageusement, les amplificateurs 262 sont placés entre les déphasateurs 263 et les sources élémentaires 264. Ainsi, il est possible d'utiliser des déphasateurs 263, n'ayant pas à supporter des puissances importantes. De plus, les déphasateurs 263 n'induisent pas de perte dans le signal de puissance.

Avantageusement, le signal généré par l'oscillateur 260 est amplifié par un préamplificateur 261.

Ainsi, le dispositif de contre-mesures électroniques présente un faible encombrement, un faible poids et une consommation électrique réduite.

Ces avantages sont particulièrement importants dans un dispositif de contre-mesures électroniques embarqué dans un aéronef.

L'invention s'applique à la réalisation d'antennes d'ondes électromagnétiques.

L'invention s'applique principalement aux contre-mesures électroniques.

REVENDEICATIONS

1. Antenne, caractérisée par le fait qu'elle comporte deux branches (4) dont les bases sont des droites et dont les contours externes (7) sont des spirales logarithmiques reliées à un plan de masse (5), les deux branches (4) étant alimentées en opposition de phase.

5

2. Antenne, caractérisée par le fait qu'elle comporte deux branches (4) dont les contours externes (7) et internes (8) sont des spirales logarithmiques reliées à un plan de masse (5), les deux branches (4) étant alimentées en opposition de phase.

10

3. Antenne selon la revendication 1 ou 2, caractérisée par le fait qu'elle est alimentée en énergie par un câble coaxial (1).

4. Antenne selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisée par le fait que les deux branches (4) sont alimentées par un transformateur symétriseur (110).

15

5. Antenne selon la revendication 1 ou 2, caractérisée par le fait que l'alimentation en énergie est assurée par un guide d'onde (11) à double redans.

20

6. Antenne selon la revendication 5, caractérisée par le fait que le guide d'onde (11) est un guide d'onde large bande comportant des redans (151).

7. Antenne selon la revendication 6, caractérisée par le fait que chaque branche (4) est connectée à un redan (151).

25

8. Antenne selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisée par le fait que le guide d'onde comporte une extrémité plane (122) constituant le plan de masse (5) des branches (4).

9. Antenne selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée par le fait qu'elle est réalisée sous forme d'un circuit imprimé, les branches (4) et le plan de masse (5) étant métallisés.

5 10. Antenne selon la revendication 9, caractérisée par le fait que les branches (4) sont alimentées en énergie par une ligne à fente (17) réalisée dans le plan de masse (5).

11. Antenne selon la revendication 10, caractérisée par le fait que la ligne à fente (17) est alimentée en énergie par une ligne à ruban (14).

10 12. Antenne selon la revendication 10, caractérisée par le fait que la ligne à fente (17) est alimentée en énergie par une ligne coplanaire (520)

15 13. Antenne selon la revendication 10, caractérisée par le fait que la ligne à fente (17) est alimentée en énergie par un câble coaxial (1).

14. Réseau d'antennes, caractérisé par le fait que ledit réseau comporte des antennes selon l'une quelconque des revendications précédentes alignées dans le plan H contenant le vecteur \vec{H} champ magnétique.

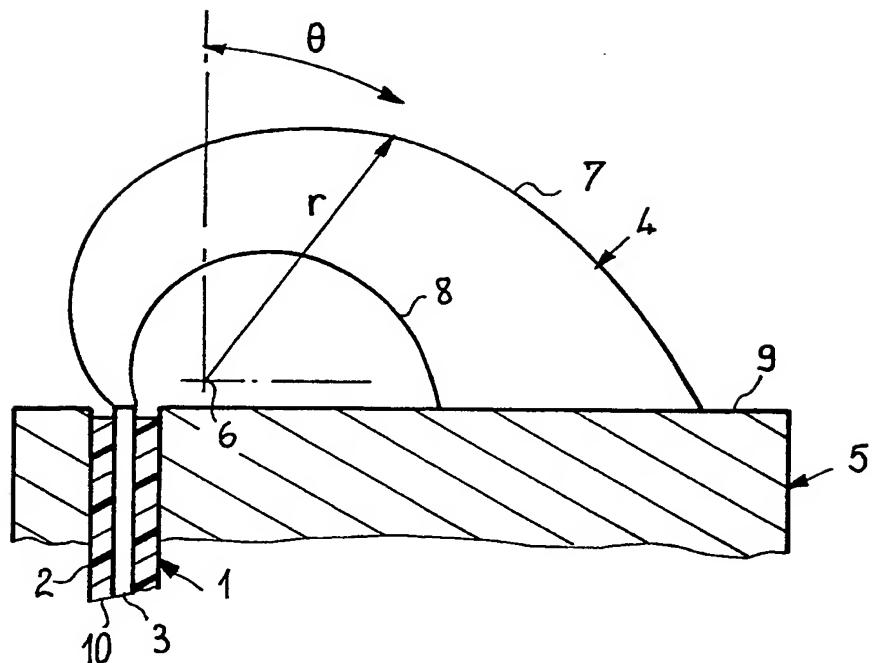
20 15. Réseau selon la revendication 14, caractérisé par le fait que ledit réseau est un réseau linéaire.

16. Dispositif de contre-mesures électroniques, caractérisé par le fait qu'il comporte des antennes ou des réseaux d'antennes selon l'une quelconque des revendications précédentes.

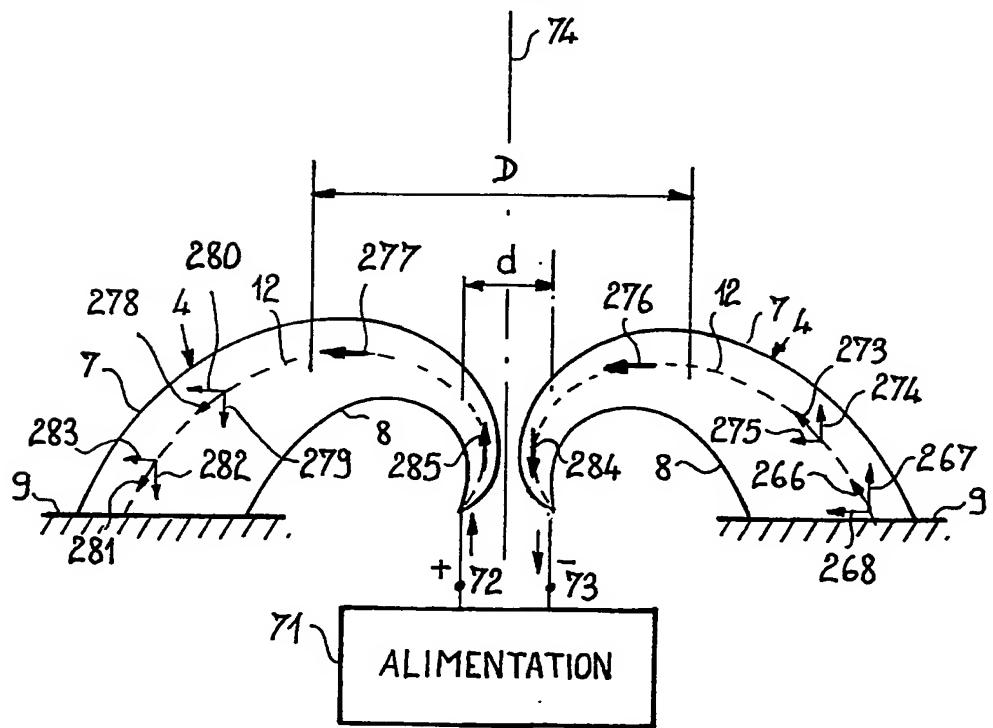
25 17. Dispositif selon la revendication 16, caractérisé par le fait que ledit dispositif est un dispositif actif comportant un oscillateur

(260) connecté à un ensemble de déphasateurs (263), chaque déphaseur (263) étant relié par l'intermédiaire d'un amplificateur (262) à une source élémentaire (264).

1/7
FIG_1

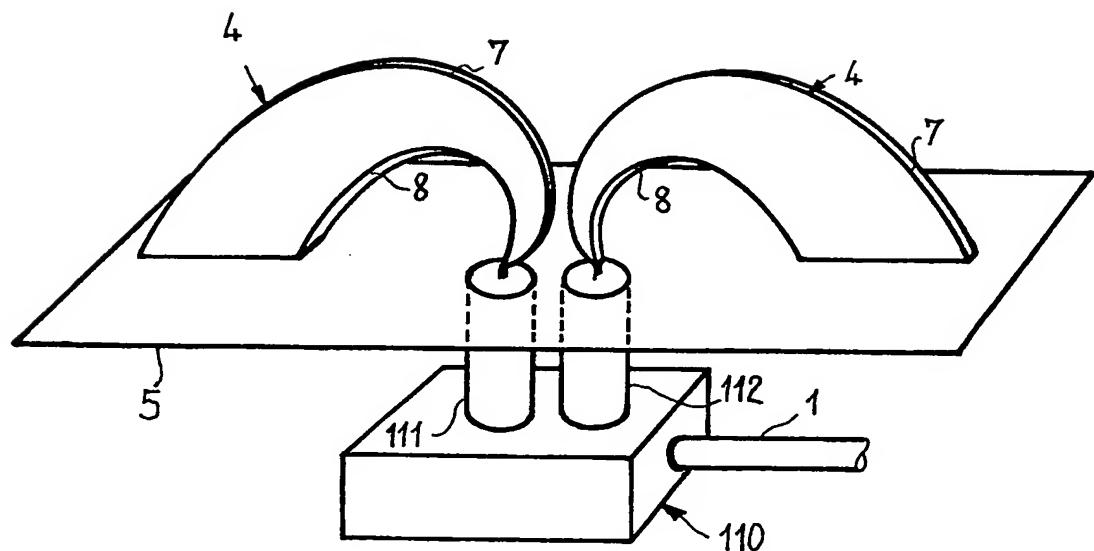


FIG_2

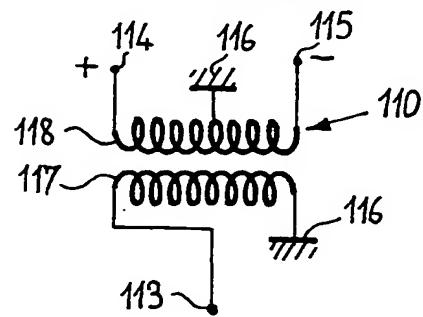


2/7

FIG_3

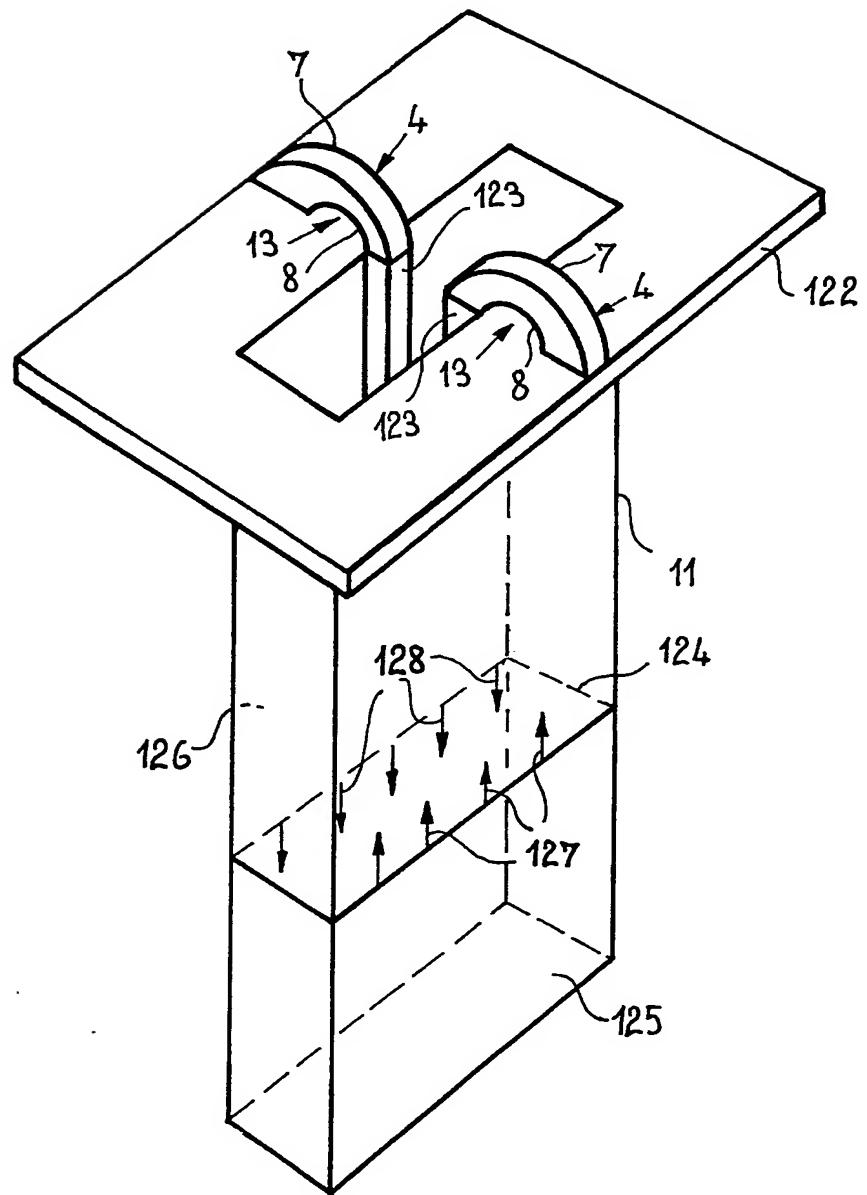


FIG_4

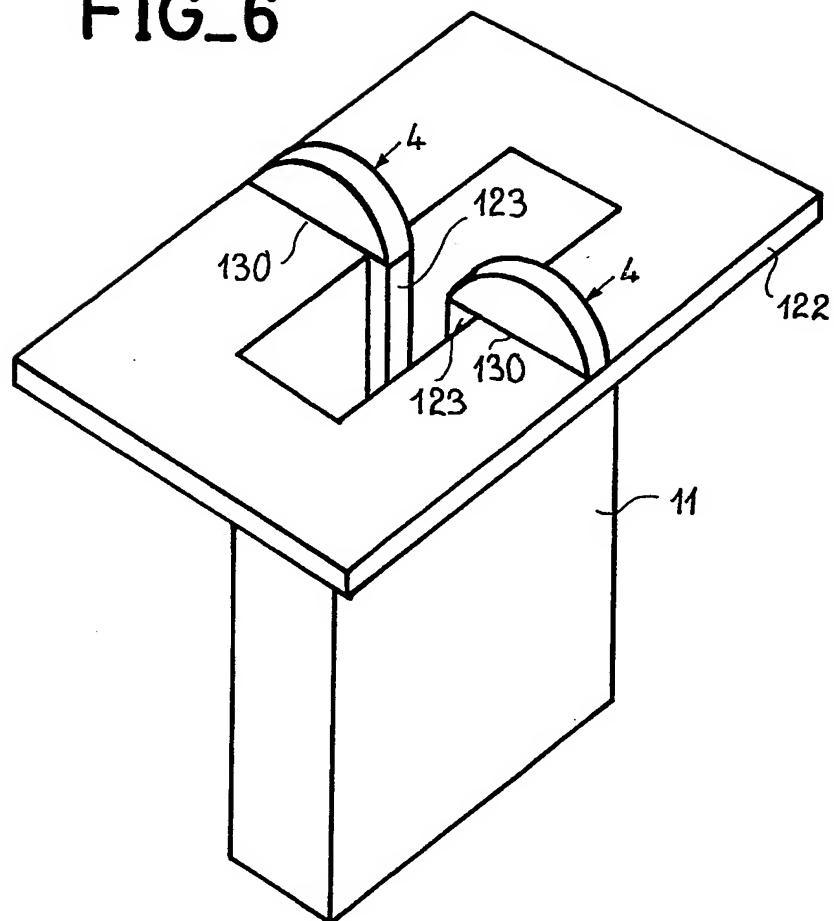
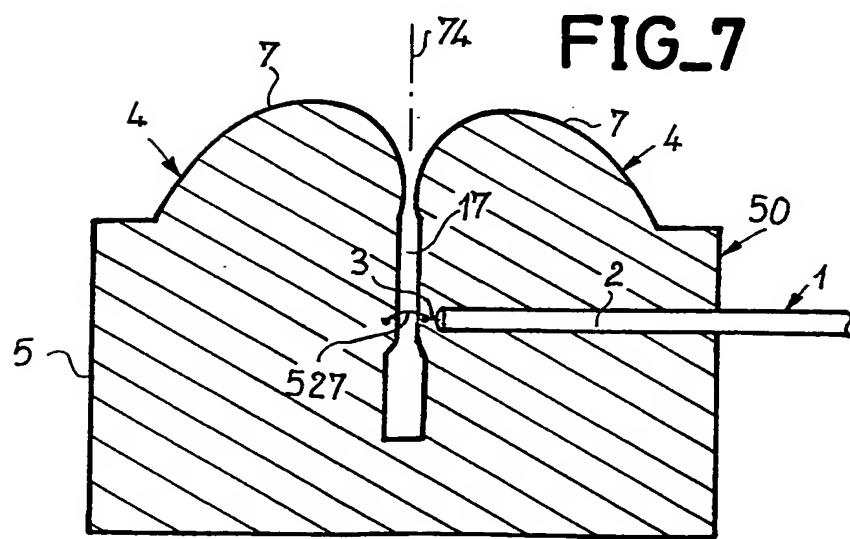


3/7

FIG_5

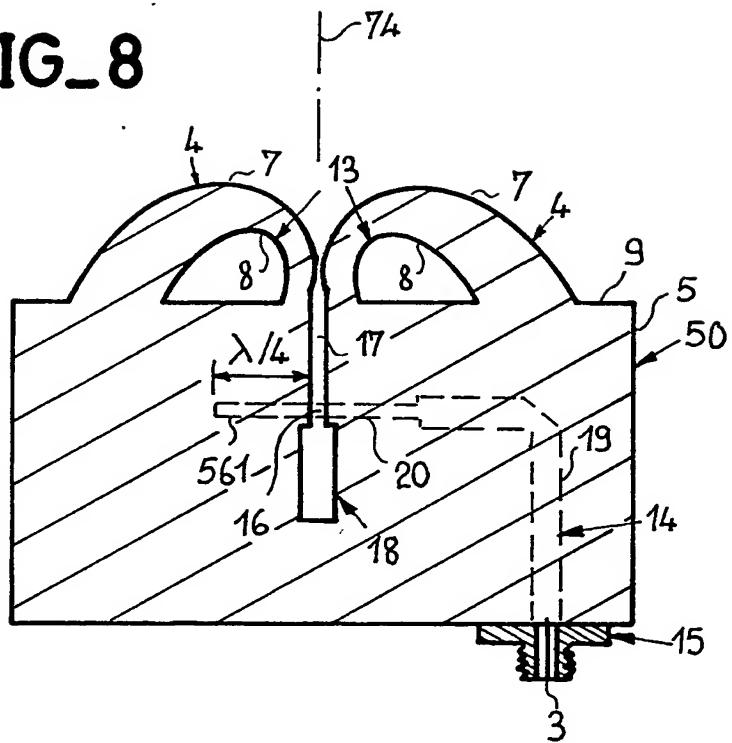


4/7

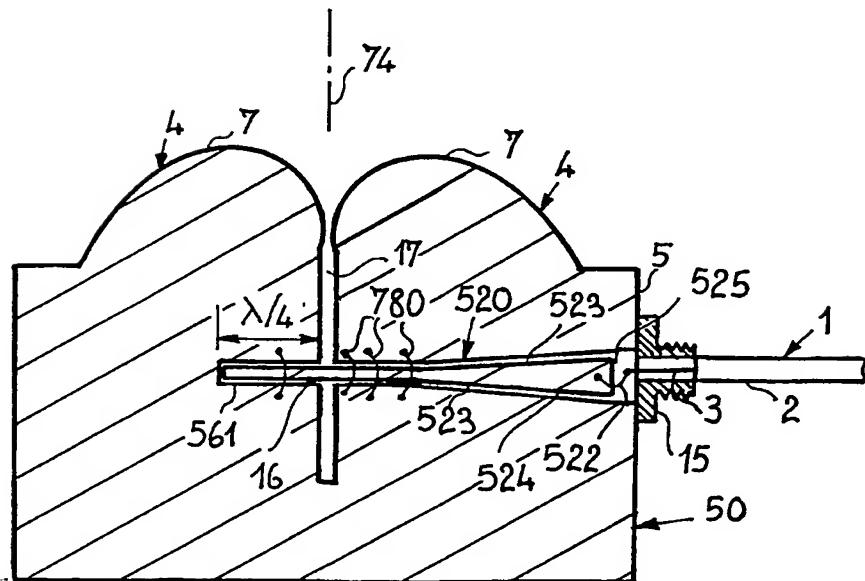
FIG_6**FIG_7**

5/7

FIG_8

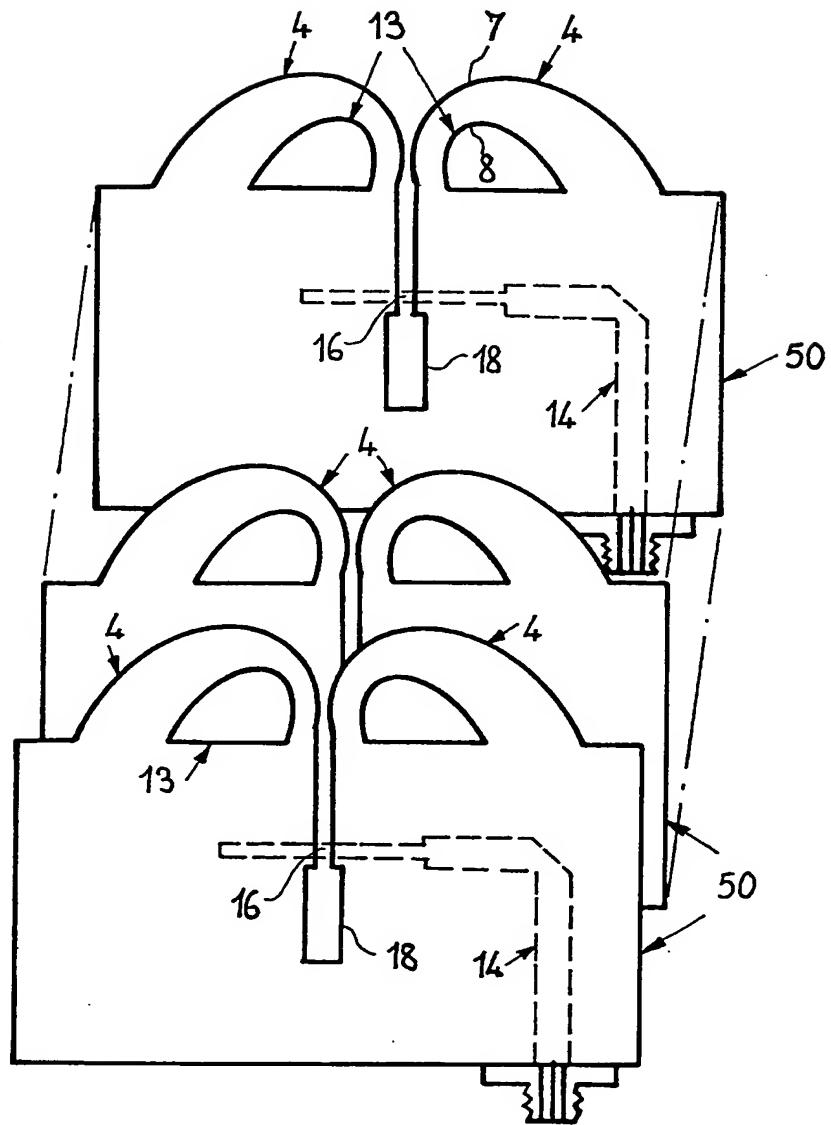


FIG_9



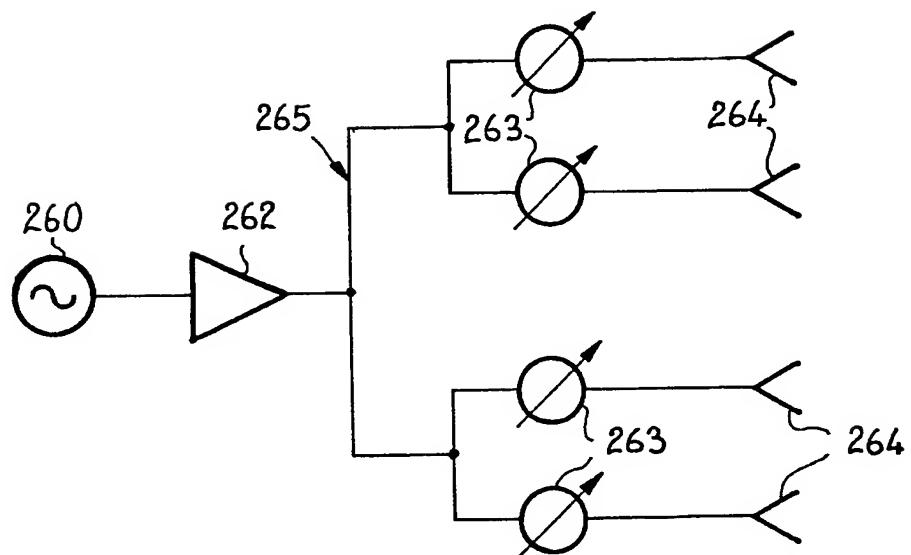
6/7

FIG_10



7/7

FIG_11



FIG_12

